



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 41 21 356 A 1

⑯ Int. Cl. 5:  
H 03 H 21/00  
H 03 H 17/02

DE 41 21 356 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 41 21 356.4  
⑯ Anmeldetag: 28. 6. 91  
⑯ Offenlegungstag: 14. 1. 93

⑯ Anmelder:  
Baier, Paul Walter, Prof. Dr.-Ing.; Fehlauer, Tobias,  
Dipl.-Ing.; Zimmermann, Thomas, Dr.-Ing.; Klein,  
Anja, 6750 Kaiserslautern, DE

⑯ Vertreter:  
Fuchs, F., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑯ Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Einrichtung zur Separierung eines Signalgemisches

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Separierung eines Signalgemisches, bestehend aus der additiven Überlagerung von M bekannten Funktionen, die mit M unbekannten Gewichtsfaktoren gewichtet sind, wobei alle oder einige der Funktionen zeitlich und/oder spektral nicht disjunkt sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgemisch inklusive eines eventuellen Störsignals einer Signalauswerteeinrichtung zugeführt wird, die durch Filterung erwartungstreue Schätzwerte der unbekannten Gewichtsfaktoren bildet. Dadurch wird erstmals eine erwartungstreue Separierung eines aus nicht orthogonalen Funktionen bestehenden Signalgemisches ermöglicht. Eine Einrichtung zur Ausführung der erfindungsgemäßen Separierung bildet Linearkombinationen der Korrelationsprodukte aus dem Eingangssignal und aus den zu separierenden Funktionen. Hierbei können bei der Bildung der Korrelationsprodukte anstelle der zu separierenden Funktionen auch gemäß den Eigenschaften des überlagerten Störsignals modifizierte Versionen dieser Funktionen verwendet werden. Eine vorteilhafte und aufwandsgründige Ausgestaltung der Einrichtung zur Separierung des Signalgemisches ist eine Einrichtung, bestehend aus M modifizierten signalangepaßten Filtern, die in analoger oder digitaler Technik realisiert sind.

DE 41 21 356 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Separierung eines Signalgemisches

$$s(t) = \sum_{\mu=1}^M g_{\mu} \cdot f_{\mu}(t) \quad (1)$$

das aus  $M$  bekannten reellen oder komplexen Funktionen  $f_{\mu}(t)$  besteht, die mit den unbekannten Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}, \mu = 1, 2 \dots M$ , gewichtet sind, wobei alle oder einige der Funktionen  $f_{\mu}(t)$  zeitlich und/oder spektral nicht disjunkt sind, und wobei dem Signalgemisch  $s(t)$  ein zusätzliches Störsignal  $n(t)$  überlagert sein kann.

In der vorliegenden Beschreibung wird davon ausgegangen, daß die Funktionen  $f_{\mu}(t)$  reell sind. Der Übergang auf komplexe Funktionen  $f_{\mu}(t)$  ist ohne weiteres möglich [3].

Es ist bekannt, daß das Problem der Signalseparierung darin besteht, aus dem Signalgemisch  $s(t)$  nach Gl. (1) Schätzwerte  $g_{\mu}$  für die unbekannten Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$  zu gewinnen. Gemäß dem Stand der Technik [1] erfolgt das Schätzen der Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$  nach einem Verfahren, das darin besteht, das Signalgemisch  $s(t)$  nach Gl. (1) mit jeder der bekannten Funktionen  $f_{\mu}(t)$  zu korrelieren und die dadurch gewonnenen  $M$  Korrelationsprodukte  $w_{\mu}$  als Schätzwerte  $g_{\mu}$  für die unbekannten Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$  zu betrachten. Eine Einrichtung, mit der dieses Verfahren gemäß dem Stand der Technik ausgeführt wird, ist in Fig. 1 dargestellt. Diese Anordnung besteht aus  $M$  Filtern (1) mit den Impulsantworten  $h_{\mu}(t), \mu = 1, 2 \dots M$ , und aus  $M$  Abtastern (2), wobei jedes der  $M$  Filter (1) an jeweils genau einer der Funktionen  $f_{\mu}(t)$  signalangepaßt ist und in seinen Eigenschaften somit unabhängig von den jeweils  $M-1$  restlichen Funktionen  $f_{\mu}(t)$  ist. Für den Fall, daß als Störsignal  $n(t)$  weißes Gaußrauschen angenommen wird, bedeutet Signalanpassung, daß zwischen der Funktion  $f_{\mu}(t)$  und der Impulsantwort des entsprechenden  $\mu$ -ten signalangepaßten Filters die Beziehung

$$h_{\mu}(t) = A \cdot f_{\mu}(T-t) \quad (2)$$

besteht [2]. Für andere Störsignaltypen ist die Impulsantwort  $h_{\mu}(t)$  entsprechend zu modifizieren [2]. Der Amplitudenfaktor  $A$  und die Verzögerungszeit  $T$  in Gl. (2) können bei den folgenden Betrachtungen ohne Einschränkung der Allgemeinheit gleich Eins bzw. gleich Null gesetzt werden. Anstelle von signalangepaßten Filtern (1) können in der Anordnung nach Fig. 1 aufgrund der bekannten Äquivalenz von Korrelation und signalangepaßter Filterung [2] auch Korrelatoren eingesetzt werden.

Wenn das Signalgemisch  $s(t)$  nach Gl. (1) der Anordnung nach Fig. 1 zugeführt wird, so erhält man durch zeitrichtiges Abtasten der  $M$  Filterausgangssignale mit den Abtastern (2) Abtastwerte  $w_{\mu}, \mu = 1, 2 \dots M$ , die den Korrelationsprodukten aus dem Signalgemisch  $s(t)$  nach (1) und aus jeweils einer der  $M$  Funktionen  $f_{\mu}(t), \mu = 1, 2 \dots M$ , entsprechen. Wählt man die Impulsantwort  $h_{\mu}(t)$  der signalangepaßten Filter gemäß Gl. (2) und setzt man  $A$  gleich Eins und  $T$  gleich Null, so lauten die Abtastwerte  $w_{\mu}$  im ungestörten Fall

$$w_{\mu} = \int_{T_{\text{int}}} s(t) \cdot f_{\mu}(t) dt, \mu = 1, 2 \dots M. \quad (3)$$

Das Integrationsintervall  $T_{\text{int}}$  in Gl. (3) ist so zu wählen, daß der gesamte Zeitbereich erfaßt wird, in dem die Funktionen  $f_{\mu}(t)$  Werte ungleich Null annehmen können.

5 Die Abtastwerte  $w_{\mu}$  nach Gl. (3) können bekanntlich als Schätzwerte  $g_{\mu}, \mu = 1, 2 \dots M$ , der Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$  angesehen werden [1]. Diese Schätzwerte  $g_{\mu}$  sind im allgemeinen allerdings, wie ebenfalls bekannt ist, dadurch verfälscht, daß zum Abtastzeitpunkt die Signalkomponente  $g_{\mu} \cdot f_{\mu}(t)$  des Signalgemisches  $s(t)$  nach Gl. (1) nicht nur am Ausgang des ihr zugeordneten  $\mu$ -ten signalangepaßten Filters eine Spannung erzeugt, sondern auch an den Ausgängen der  $M-1$  anderen signalangepaßten Filter. Diese Verfälschungen werden als systematische Filter (engl. bias) bezeichnet [3]. Man sagt auch, die Schätzung sei nicht erwartungstreu [3]. Lediglich in dem in der Praxis meist nicht vorliegenden Spezialfall, daß alle Funktionen  $f_{\mu}(t)$  zueinander exakt orthogonal sind, würden bei Verwendung der Anordnung nach Fig. 1 solche systematischen Fehler der Schätzwerte  $g_{\mu}$  nicht auftreten.

Das Auftreten der obengenannten systematischen Fehler bei Verwendung nicht exakt orthogonaler Funktionen  $f_{\mu}(t)$  ist ein schwerwiegender Nachteil des bisher üblichen Verfahrens zur Separierung eines Signalgemisches nach Gl. (1) und der entsprechenden Anordnung nach Fig. 1. Gemäß dem Stand der Technik [2] versucht man diesem Nachteil dadurch entgegenzuwirken, daß man sich auf die Verwendung von selektierten bzw. konstruierten Funktionen  $f_{\mu}(t)$  beschränkt, die dem Fall der Orthogonalität möglichst nahekommen. Diese Vorgehensweise hat allerdings den offensichtlichen Nachteil, daß man bei der Wahl der Funktionen  $f_{\mu}(t)$  nicht frei ist. Eine solche Freiheit ist aber wünschenswert, z. B. dann, wenn in einem Nachrichtenübertragungssystem zum Erzielen von Abhörsicherheit die Funktionen  $f_{\mu}(t)$  häufig geändert werden sollen. In vielen Fällen sind die Funktionen  $f_{\mu}(t)$  auch vorgegeben, so daß die Möglichkeit der Wahl spezieller Funktionen  $f_{\mu}(t)$  a priori nicht besteht. Der Stand der Technik der Signalseparierung ist somit unbefriedigend.

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, bei der Ermittlung von Schätzwerten  $g_{\mu}$  der Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$  systematische Fehler zu vermeiden, die beim herkömmlichen Separationsverfahren und beim Einsatz der Anordnung nach Fig. 1, die dem Stand der Technik entspricht, und bei Wahl nicht orthogonaler Funktionen  $f_{\mu}(t)$  entstehen. Dieses Problem soll erfindungsgemäß dadurch gelöst werden, daß man ein neuartiges Separationsverfahren und anstelle der Anordnung nach Fig. 1 zweckmäßig erweiterte bzw. modifizierte Anordnungen verwendet.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen darin, daß auch bei Verwendung nicht orthogonaler Funktionen  $f_{\mu}(t)$  eine genaue, d. h. erwartungstreue Schätzung der Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$  ermöglicht wird, und daß bei der Auswahl der Funktionen  $f_{\mu}(t)$  das einschränkende Streben nach Orthogonalität nicht erforderlich ist.

60 Fig. 2 veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren zur Separation des Signalgemisches  $s(t)$ . Dem Eingang (9) der in Fig. 2 dargestellten Signalauswerteeinheit (10) wird das Signalgemisch  $s(t)$  inklusive des eventuellen Störsignals  $n(t)$  zugeführt, und die Signalauswerteeinheit bildet aus dem Eingangssignal durch Filtrierung an ihren Ausgängen (11) erwartungstreue Schätzwerte  $g_{\mu}$  für die Gewichtsfaktoren  $g_{\mu}$ .

Die Erfindung geht von dem nicht naheliegenden Ge-

danken aus, daß die bei der Korrelation — diese entspricht dem Stand der Technik — gewonnenen Abtastwerte  $w_\mu$ , die mit der Einrichtung nach Fig. 1 gewonnen werden, im störungsfreien Fall Linearkombinationen der gesuchten Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  sind. Mit dem Vektor

$$g = (g_1, g_2, \dots, g_M) \quad (4)$$

der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$ , dem Vektor

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_M) \quad (5)$$

der Abtastwerte  $w_\mu$  und einer Matrix

$$M = \begin{bmatrix} m_{1,1} & \dots & m_{1,M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{M,1} & \dots & m_{M,M} \end{bmatrix} \quad (6)$$

kann der lineare Zusammenhang zwischen den Abtastwerten  $w_\mu$  und den Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  in der Form

$$w = g \cdot M \quad (7)$$

dargestellt werden. Die Elemente  $m_{\mu\nu}$  der Matrix  $M$  nach Gl. (6) sind die Kreuzkorrelationsprodukte der Funktionen  $f_\mu(t)$  und  $f_\nu(t)$ , d. h. es gilt

$$m_{\mu\nu} = \int_{T_{int}} f_\mu(t) f_\nu(t) dt, \mu, \nu = 1, 2, \dots, M. \quad (8)$$

Als nächster Gedankenschritt wird die zur Matrix  $M$  nach Gl. (7) inverse Matrix

$$N = M^{-1} = \begin{bmatrix} n_{1,1} & \dots & n_{1,M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{M,1} & \dots & n_{M,M} \end{bmatrix} \quad (9)$$

eingeführt. Aus dem Vektor  $w$  nach Gl. (5) und der Matrix  $N$  nach Gl. (9) ergibt sich der Vektor  $g$  der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  zu

$$g = w \cdot N. \quad (10)$$

Die Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  kann man also als Linearkombinationen der in der Anordnung nach Fig. 1 an den Ausgängen der signalangepaßten Filter auftretenden Abtastwerte  $w_\mu$  darstellen. Diese Erkenntnis wird in der Erfindung genutzt.

Fig. 4 zeigt das Prinzip eines erfundungsgemäßen linearen Kombinierers (12). Der lineare Kombinierer (12) besteht aus einer Anzahl von  $M \cdot M$  Multiplizierern (3) und aus einer Anzahl von  $M$  Addierern (4). Die Multiplizierer (3) werden wie in Fig. 4 dargestellt an ihrem einen Eingang (5) mit den Korrelationsprodukten  $w_\mu$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , und an ihrem anderen Eingang (6) mit den Elementen  $n_{\mu\nu}$  der Matrix  $N$  nach Gl. (9) gespeist. Die Ausgangssignale von jeweils  $M$  Multiplizierern werden wie in Fig. 4 dargestellt jeweils einem der Addierer (4) zugeführt, an dessen Ausgang (7) die erwartungstreuen Schätzwerte  $g_\mu$  der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  vorliegen.

Anstelle der linearen Überlagerung der mit der An-

ordnung nach Fig. 1 gewonnenen Filterausgangssignale  $w_\mu$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , gemäß Gl. (10) ist es theoretisch auch denkbar, zunächst die Impulsantworten  $h_\mu(t)$  der signalangepaßten Filter (1) linear zu überlagern, die Ausgangssignale der dadurch entstehenden neuartigen modifizierten signalangepaßten Filter oder Korrelatoren abzutasten und dadurch direkt erwartungstreue Schätzwerte  $g_\mu$  der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  zu erhalten. Setzt man diesen nicht naheliegenden Gedanken in die Tat um, so ergibt sich die Anordnung nach Fig. 3. Diese besteht aus  $M$  Filtern (8) mit den noch zu bestimmenden Impulsantworten  $q_\mu(t)$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , und aus  $M$  Abtastern (2). Mit dem Vektor

$$h(t) = [h_1(t), h_2(t), \dots, h_M(t)] \quad (11)$$

der Impulsantworten der signalangepaßten Filter (1) in der Anordnung nach Fig. 1 und dem Vektor

$$q(t) = [q_1(t), q_2(t), \dots, q_M(t)] \quad (12)$$

der zu bestimmenden Impulsantworten der Filter (8) in der Anordnung nach Fig. 3 folgt aus Gl. (10) die Bestimmungsgleichung

$$q(t) = h(t) \cdot N. \quad (13)$$

Eine erwartungstreue Schätzung der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  ist mit der Einrichtung nach Fig. 3 bei Wahl der Filterimpulsantworten  $q_\mu(t)$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , gemäß Gl. (13) auf einfache und vorteilhafte Weise dadurch möglich, daß man anstelle der üblichen signalangepaßten Filter mit den Impulsantworten  $h_\mu(t)$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , siehe Gl. (2), modifizierte signalangepaßte Filter mit den Impulsantworten  $q_\mu(t)$  verwendet, die sich gemäß Gl. (13) aus den Impulsantworten  $h_\mu(t)$  ergeben. Im Gegensatz zu der in Fig. 1 dargestellten, dem Stand der Technik entsprechenden Anordnung ermöglicht die in Fig. 3 dargestellte erfundungsgemäße Anordnung eine erwartungstreue und folglich genauere Schätzung der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$ . Trotz dieses verbesserten Verhaltens erfordert die neuartige Anordnung nach Fig. 3 keinen höheren Schaltungsaufwand als die herkömmliche und bekannte Anordnung nach Fig. 1.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 9 angegeben.

Die Weiterbildung nach Anspruch 2 ermöglicht es, an den Ausgängen der Signalauswerteeinrichtung unmittelbar Schätzwerte für die unbekannten Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  zu entnehmen.

Bei der Weiterbildung nach Anspruch 3 werden bei der Bildung der Korrelationsprodukte anstelle der bekannten Funktionen  $f_\mu(t)$  andere Funktionen  $f_\mu'(t)$  verwendet, die sich aus den Funktionen  $f_\mu(t)$  beispielsweise durch Filterung ergeben. Auf diese Weise kann man die Signalauswerteeinrichtung je nach Typ des einwirkenden Störsignals  $n(t)$  so gestalten, daß die erzielten Ergebnisse möglichst genau sind. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Theorie der signalangepaßten Filter für den Fall des farbigen Rauschens hingewiesen [2].

Es kann vorteilhaft sein, die Bildung der Korrelationsprodukte in funktionell getrennten oder nicht getrennten Schritten vorzunehmen. Die beiden Weiterbildungen nach den Ansprüchen 4 und 5 erfassen diese beiden Möglichkeiten.

Anspruch 6 betrifft eine erfundungsgemäße Einrichtung, bei der das im Anspruch 1 beschriebene Verfahren

so realisiert wird, daß man, wie auch in Fig. 3 dargestellt, anstelle der signalangepaßten Filter (1) der Anordnung nach Fig. 1 modifizierte signalangepaßte Filter (8) verwendet. In besonders vorteilhafter und aufwandsgunstiger Weise können die modifizierten signalangepaßten Filter (8) in Form elektroakustischer angezapfter Verzögerungsleitungen oder elektroakustischer Convolver [4] realisiert werden. Der Einsatz solcher Komponenten bietet sich vor allem dann an, wenn die Funktionen  $f_\mu(t)$  großes Zeit-Bandbreite-Produkt haben, d. h. wenn es sich um Spread-Spectrum-Funktionen [5] handelt. Anspruch 7 betrifft die Weiterbildung der Erfindung in diesem Sinne.

Anspruch 8 betrifft eine Weiterbildung der Erfindung, bei der die modifizierten signalangepaßten Filter oder Korrelatoren (8) durch digitale Korrelatoren realisiert sind. Derartige digitale Korrelatoren sind beispielsweise in [6] eingehend beschrieben. Bei Verwendung derartiger digitaler Komponenten ist eine Änderung der Funktion  $f_\mu(t)$ , beispielsweise zum Erzielen von Abhörsicherheit bei der Funkübertragung, besonders einfach und rasch möglich.

In Anspruch 9 wird die Erfindung schließlich so ausgestaltet, daß die dem Stand der Technik entsprechende Anordnung nach Fig. 1 mit der erfindungsgemäßen Anordnung nach Fig. 2 kombiniert wird. Auf diese Weise wird es ermöglicht, Anordnungen nach Fig. 1 so zu ergänzen, daß eine erfindungsgemäße Signalauswerteeinrichtung (10) entsteht.

Anspruch 10 betrifft eine Einrichtung zur erfindungsgemäßen Ausführung der Signalseparierung, bei der das Signalgemisch zunächst gefiltert und/oder einem A/D-Wandler zur Digitalisierung zugeführt wird.

Eine vollständig digitale Signalverarbeitung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Signalseparierung ist auch durch einen digitalen Prozessor oder eine andere digitale Recheneinheit möglich. Diese Möglichkeit wird durch Anspruch 11 erfaßt.

Das auf den Gleichungen (4) bis (10) basierende Verfahren zum Schätzen der Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  beinhaltet die zusätzliche Möglichkeit, z. B. in Form von Vertrauensgrenzen quantitative Aussagen über die Genauigkeit der Schätzergebnisse zu erhalten. Die mathematischen Grundlagen einer derartigen Vorgehensweise findet man z. B. in [7]. Im Anspruch 12 ist diese Ausgestaltungsmöglichkeit der Erfindung erfaßt.

#### Literatur

- [1] J. Viterbi, K. Omura: Principles of digital communications and coding. McGraw-Hill, New York, 1979
- [2] A. Whalen: Detection of signals in noise. Academic Press, New York, 1971
- [3] O. Loffeld: Estimationstheorie Band 1 und 2. Oldenbourg Verlag München, 1990
- [4] A. Oliner: Acoustic surface waves. Springer Verlag, New York, 1978
- [5] M. Simon, K. Omura, R. Scholtz, B. Levitt: Spread spectrum communications. Computer Science Press, Rockville, 1985
- [6] J. Proakis: Digital communications. McGraw-Hill, New York, 1983
- [7] R. Zurmühl: Praktische Mathematik. Springer Verlag, Berlin, 1965

#### Patentansprüche

##### 1. Verfahren zur Separierung eines Signalgemi-

sches

$$s(t) = \sum_{\mu=1}^M g_\mu \cdot f_\mu(t),$$

das aus  $M$  bekannten von der Zeit  $t$  abhängigen reellen oder komplexen Funktionen  $f_\mu(t)$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , besteht, die mit  $M$  unbekannten Gewichtsfaktoren  $g_\mu$ ,  $\mu = 1, 2, \dots, M$ , gewichtet sind, wobei alle oder einige der Funktionen  $f_\mu(t)$  zeitlich und/oder spektral nicht disjunkt sind, und wobei dem Signalgemisch  $s(t)$  ein zusätzliches, mit  $s(t)$  korreliertes oder nicht korreliertes Störsignal  $n(t)$  überlagert sein kann, dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgemisch  $s(t)$  inklusive des eventuellen Störsignals  $n(t)$  dem Eingang (9) einer analog und/oder digital arbeitenden Signalauswerteeinrichtung (10) zugeführt wird, an deren Ausgängen (11) Linearkombinationen der Korrelationsprodukte aus dem Eingangssignal und aus den Funktionen  $f_\mu(t)$  abgenommen werden können, wobei bei der Bildung der Korrelationsprodukte anstelle der Funktionen  $f_\mu(t)$  auch modifizierte Versionen dieser Funktionen verwendet werden können.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß insgesamt  $M$  Linearkombinationen gebildet werden, die erwartungstreue Schätzwerte für die unbekannten Gewichtsfaktoren  $g_\mu$  sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bildung der Korrelationsprodukte anstelle der Funktionen  $f_\mu(t)$  derart modifizierte Funktionen verwendet werden, so daß minimale Varianz und/oder maximales Signal-Stör-Verhältnis der Ausgangssignale der Signalauswerteeinrichtung (10) erzielt wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Signalauswerteeinrichtung (10) die Bildung der Korrelationsprodukte und die Bildung der Linearkombinationen in funktionell getrennten Schritten erfolgen.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Signalauswerteeinrichtung (10) die Bildung der Korrelationsprodukte und die Bildung der Linearkombinationen in funktionell nicht getrennten Schritten erfolgen.

6. Einrichtung zur Separierung eines Signalgemisches  $s(t)$  gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgemisch  $s(t)$  inklusive des eventuellen Störsignals  $n(t)$  modifizierte signalangepaßten Filtern oder Korrelatoren (8) zugeführt wird, deren Impulsantworten Linearkombinationen der Impulsantworten von Filtern (1) sind, die an die Funktionen  $f_\mu(t)$  signalangepaßt sind.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter oder Korrelatoren in analoger Technik realisiert sind, insbesondere in Form elektroakustischer angezapfter Verzögerungsleitungen oder elektroakustischer Convolver.

8. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die modifizierten signalangepaßten Filter oder Korrelatoren (8) in digitaler Technik realisiert sind.

9. Einrichtung zur Separierung eines Signalgemisches  $s(t)$  gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgemisch  $s(t)$  inklusive des even-

tuellen Störsignals  $n(t)$  Filter oder Korrelatoren (1) zugeführt wird, die an die Funktionen  $f_{ik}(t)$  signalangepaßt sind und daß die Filterausgangssignale einer Einrichtung (12) zugeführt werden. In der sie linear kombiniert werden.

5

10. Einrichtung gemäß Anspruch 1 zur Separierung eines Signalgemisches  $s(t)$ , dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgemisch  $s(t)$  inklusive des eventuell empfangenen Störsignals  $n(t)$  vor der Weiterverarbeitung einem Filter und/oder einem A/D- 10 Wandler zugeführt wird.

11. Einrichtung gemäß Anspruch 1 zur Separierung eines Signalgemisches  $s(t)$ , dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgemisch  $s(t)$  inklusive des eventuell empfangenen Störsignals  $n(t)$  durch einen digitalen Prozessor oder eine andere digitale Rechen- 15 einheit verarbeitet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Gewinnung der Schätzwerte für die Gewichtsfaktoren quantitative 20 Aussagen über die Genauigkeit dieser Schätzwerte gewonnen werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

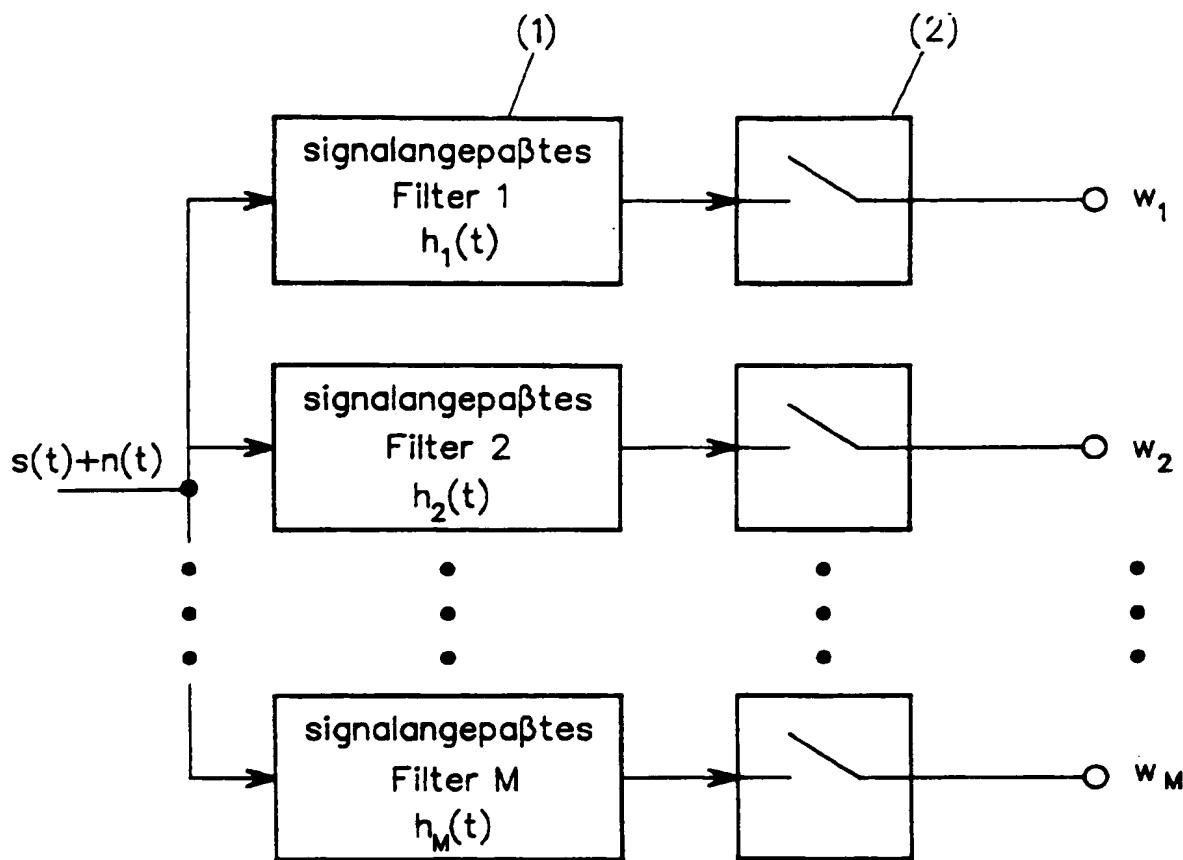
45

50

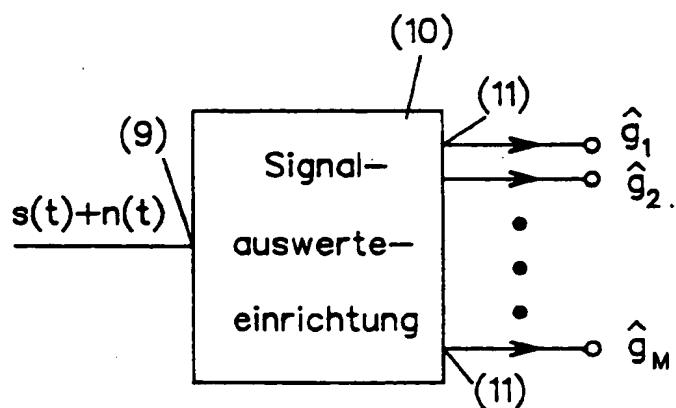
55

60

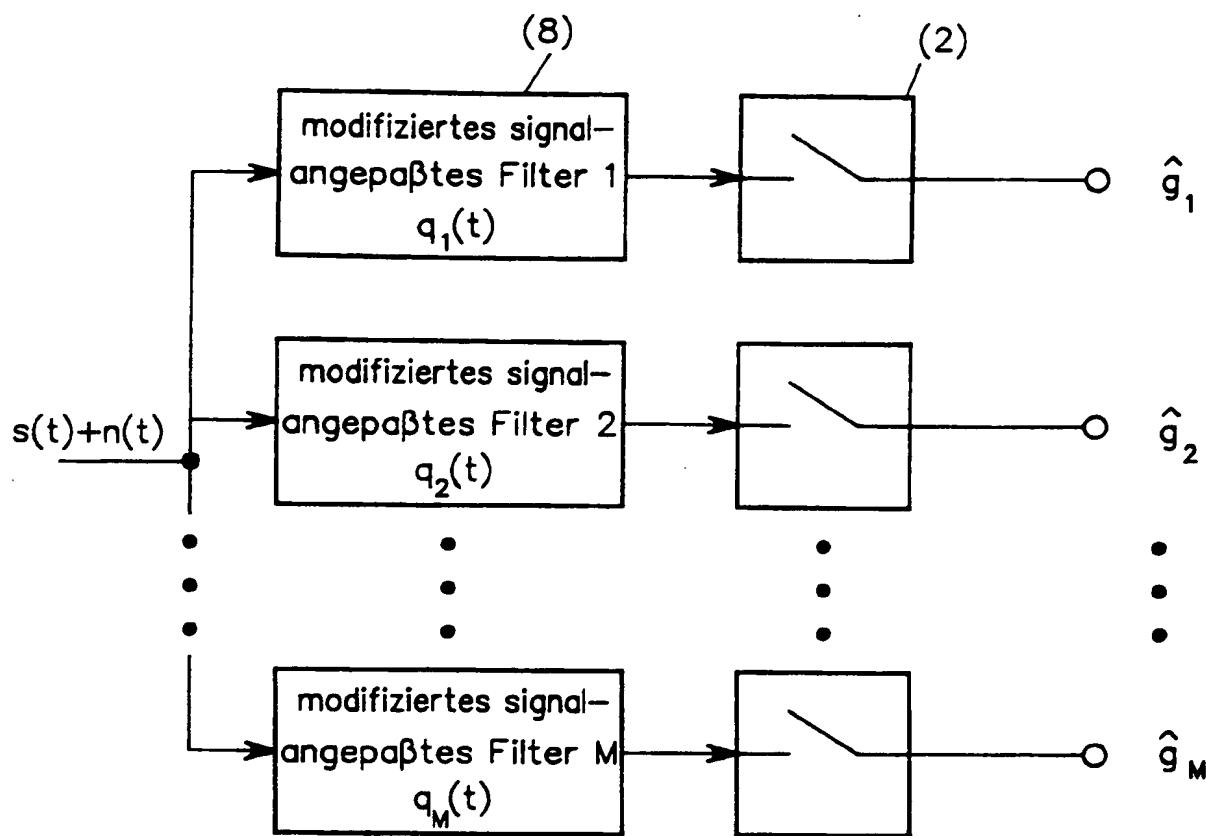
65



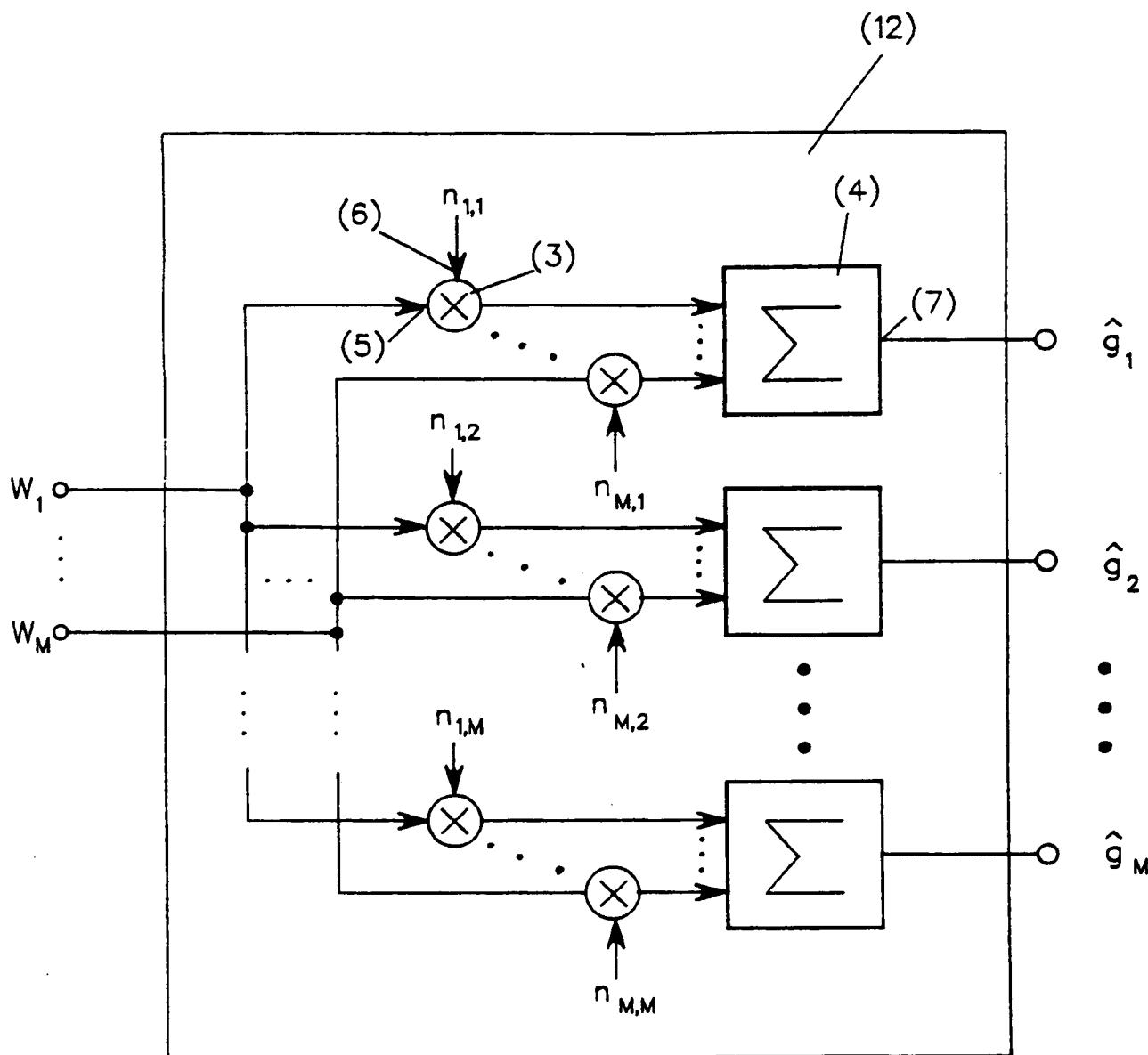
Figur 1.



Figur 2.



Figur 3.



Figur 4.